

NOSNÉ KONSTRUKCE III. - KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

ÚLOHA 2 - OCELOVÁ KONSTRUKCE HALOVÉ STAVBY

konzultant - Ing. Marián Veverka, Ph.D.

vypracovala - Eva Fricová

TECHNICKÁ ZPRÁVA

1. Základní údaje

Jedná se o jednolodní průmyslovou halu bez jeřábové dráhy o rozpětí 28 m, vzdálenosti vazníků 6,4 m, sloupů 6,4 m, světlé výšce 6,6 m a celkové délce 8 modulů, tj. 51,2 m. Sněhová oblast I. - Praha, oblast větru III., ocel třídy S 235.

Skladba střechy - směrem od exteriéru - trapézový plech 100 02, geotextilie, hydroizolační folie, geotextilie, tepelná izolace z minerálních vláken, trapézový plech 110 12.

2. Navržené konstrukce

trapézový plech - 110 12

vaznice - I 200

horná pásnice příhradového vazníku - HEB 160

dolní pásnice příhradového vazníku - HEB 180

diagonála vazníku - HEB 160

sloup - HEB 280

stěnová ztužidla - IPE 400

střešní ztužidla - IPE 400

Byla navržena základová patka o rozměrech 1,5 x 2 x 1,5 m betonu třídy I.

Sloup bude k patce přikotven kotevním plechem o rozměrech 0,6 x 0,8 m, minimální hloubka kotevních šroubů je 0,3 m. V podloží patky je zvětralá břídllice.

3. Seznam příloh

Statický výpočet

Půdorys M 1:200

Řez A-A M 1:200

Řez B-B M 1:200

Detail napojení patka-sloup M 1:10

Detail napojení vazník-sloup M 1:10

V Praze 18.5.2011

Eva Fricová

EVA FRICOVA'

⇒ SKLADBA STRĚCHY

	[kN/m ²]
trapezový plech 100 02	0,12
geotextilie 300 g/m ²	0,003
hydroizolační fólie 3mm	0,003 · 16 = 0,05
geotextilie 300 g/m ²	0,003
tepelná izolace - minerál. vlna 200mm	0,200 · 2,52 = 0,504
trapezový plech 110 12	0,12
	$\sum \bar{q}_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$

⇒ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

přepočít na sílu působící kolmo na skladbu střechy

$$q_k = \bar{q}_k \cdot \cos(5^\circ) = 0,8 \cdot \cos(5^\circ) = 0,78 \text{ kN/m}^2$$

$$q_D = q_k \cdot 1,35 = 0,78 \cdot 1,35 = 1,07 \text{ kN/m}^2$$

⇒ PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ SNĚHEM

$$s_k = m \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_{ck} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum \bar{q}_k = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

přepočít na sílu působící kolmo na střechu

$$q_k = \bar{q}_k \cdot \cos(5^\circ) = 0,56 \cdot \cos(5^\circ) = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$q_D = q_k \cdot 1,5 = 0,56 \cdot 1,5 = 0,84 \text{ kN/m}^2$$

ZATÍŽENÍ VĚTREM

$$w_k = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_{pe}$$

$$q_{ref} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_{ref}^2$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

ρ - hustota vzduchu

mapa větrových oblastí

⇒ oblast III $v_{ref} = 27,5 \text{ m/s}$

q_{ref} - základní tlak větru

$$q_{ref} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_{ref}^2 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 = 472 \text{ Pa} = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

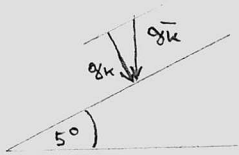
kategorie terénu III

(oblast pravidelně

pokrytá budovami)

$c_e(z)$ - součinitel expozice (z grafu)

pro kategorii terénu III a $z = 9,32 \text{ m}$ je $c_e = 1,7$

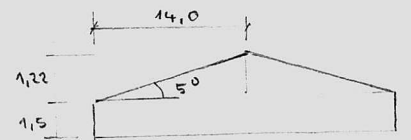


sklon střechy do 30°

$$m = 0,8$$

sněžová oblast I

$$s_{ck} = 0,7 \text{ kPa}$$



$$\tan(5^\circ) \cdot 14,0 = 1,22 \text{ m}$$

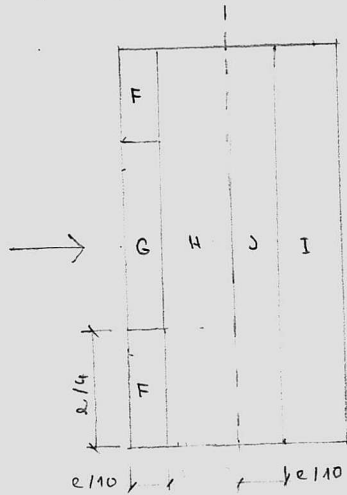
$$z = 1,22 + 1,5 + 6,6 = 9,32 \text{ m}$$

EVA FRICOVA'

c_{pe} - součinitel vnějšího tlaku

plocha sedlové střechy se dělí na oblasti dle obrázku

příčný vĕtr



$$b = 51,2 \text{ (kolmo na směr vĕtru)}$$

$$2h = 2 \cdot 9,32 = 18,62 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 18,62 \text{ m}$$

$$A_F = 2 \cdot \frac{e}{10} \cdot \frac{e}{4} = 2 \cdot 1,86 \cdot 4,66 = 17,34 \text{ m}^2$$

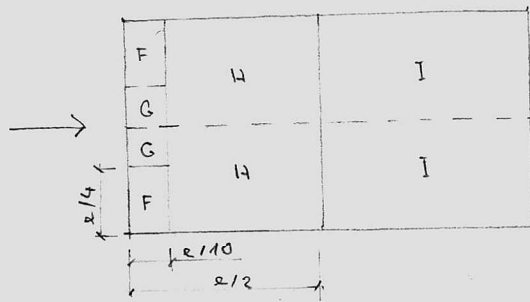
$$A_F > 10 \text{ m}^2 \text{ pak } c_{pe} = c_{pe,10} = -1,7$$

$$A_I > 10 \text{ m}^2 \text{ pak } c_{pe} = c_{pe,10} = +0,2$$

(použijeme na větší hodnotu - oblast F)

$$h = z = 9,32 \text{ m (str. 2)}$$

podélný vĕtr



$$b = 28 \text{ m}$$

$$2h = 18,62 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 18,62 \text{ m}$$

$$A_F = 17,34 \text{ m}^2 \text{ (viz nahore)}$$

$$c_e = c_{pe,10} = -1,6$$

podle prezentace:

$$snih + vĕtr tlak = 0,76$$

$$vĕtr saň = -1,7$$

$$\text{proto } c_{pe} = -1,7$$

$$\gamma_{ref} = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e = 1,7$$

(viz str. 2)

použijeme nejvyšší hodnotu ($c_{pe} = -1,7$)

$$w_k = \gamma_{ref} \cdot c_{e(z)} \cdot c_{pe} = 0,47 \cdot 1,6 \cdot (-1,7) = -1,28 \text{ kN/m}^2$$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ STĚLE + VĚTR

zatížením větrným počítáme v hodnotě $w_k = -1,28 \text{ kN/m}^2$

	char. hodnota [kN/m ²]	γ	navrh. hodnota [kN/m ²]
stěle' zatížení	0,76	1,35	1,07
vĕtr	-1,28	1,5	-1,92
	$\sum \gamma_k = -0,41 \text{ kN/m}^2$		$\sum \gamma_D = -0,85 \text{ kN/m}^2$

Plech navrhneme

na větší hodnotu

(stěle' + sniž)

$$\gamma_D = 1,91 \text{ kN/m}^2$$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ STĚLE + SNIŽ

	char. hodnota [kN/m ²]	γ	navrh. hodnota [kN/m ²]
stěle' zatížení	0,76	1,35	1,07
sniž	0,96	1,5	1,44
	$\sum \gamma_k = 1,35 \text{ kN/m}^2$		$\sum \gamma_D = 1,91 \text{ kN/m}^2$

1) NÁVRH SPODNÍHO TRAPEZOVÉHO PLECHU

plech jako spojitý nosník



$$M_{sd} = 1/10 \cdot q_D \cdot l^2 = 1/10 \cdot 1,01 \cdot 3,5^2 = 2,339 \text{ kNm}$$

$$q_D = 1,01 \text{ kN/m}^2$$

(str. 3)

je navržen plech 110 12

$$W_{Ay} = 18,246 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I = 52,351 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 = 52,351 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

jmenovité rozměry 600 x 50 x 1,0

plošná hmotnost 11,45 kg/m

ocel S 235

$$f_y = 235 \text{ Pa}$$

$$\gamma_H = 1,15$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

POSOUŽENÍ 1. PŘEZNÍ STAV - ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = W_{Ay} \cdot (f_y / \gamma_H) = 18,246 \cdot (235 / 1,15) = 3,728 \text{ kNm}$$

podmínka $M_{sd} < M_{Rd}$

$$2,339 \text{ kNm} < 3,728 \text{ kNm}$$

vyhovuje

POSOUŽENÍ 2. PŘEZNÍ STAV - PRŮHYB

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{E \cdot I} < \delta_{lim} = \frac{l}{200}$$

$$q_k = 1,35 \text{ kN/m}^2$$

(str. 3)

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,35 \cdot 3,5^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 52,351 \cdot 10^{-8}} = 0,0239 \text{ m}$$

$$\delta_{lim} = \frac{3,5}{200} = 0,0175 \text{ m}$$

nehovuje

navrhují plech 121 02

$$W_{Ay} = 21,657 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

rozměry 600 x 80 x 1,0

$$I = 100,378 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

hmotnost 11,35 kg/m

POSOUŽENÍ 1. PŘEZNÍ STAV - ÚNOSNOST

$$M_{sd} = 2,339 \text{ kNm}$$

(viz nahore)

$$M_{Rd} = W_{Ay} \cdot (f_y / \gamma_H) = 21,657 \cdot (235 / 1,15) = 4,425 \text{ kNm}$$

podmínka $M_{sd} < M_{Rd}$

$$2,339 \text{ kNm} < 4,425 \text{ kNm}$$

vyhovuje

POSOUŽENÍ 2. PŘEZNÍ STAV - PRŮHYB

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,35 \cdot 3,5^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 100,378 \cdot 10^{-8}} = 0,0125 \text{ m} < \delta_{lim} = 0,0175 \text{ m}$$

vyhovuje

2) NÁVRH A POSOUZENÍ VAŽNICE

vzdálení 6,4 m, zatěžovací síla 3,5 m

(skripta str. 197)

odhadneme I 200 $I_{y3} = 21,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 = 21,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

$$W_{y3} = 214,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{hmotnost } m = 26,2 \text{ kg/m}$$

(přepočít ze svislé
síly na kolmou
ke střeše - str. 2)

SRÁČE' ZATÍŽENÍ'	char. hodnota [kN/m]	γ	návrh. hodnota [kN/m]
vlastní tíha	$0,262 \cdot \cos(5^\circ) = 0,262$	1,35	0,418
stále' od střechy	$0,75 \cdot \text{zatěžovací síla}$		
	$0,75 \cdot 3,5 = 2,765$	1,35	3,732
	$\sum q_k = 3,027 \text{ kN/m}$		$\sum q_{kd} = 4,151 \text{ kN/m}$

PRONĚNNÉ' ZATÍŽENÍ'

(str. 3)

sníh	$0,56 \cdot \text{zatěžovací síla}$		
	$0,5 \cdot 3,5 = 1,75$	1,5	2,625
	$\sum q_k = 1,75 \text{ kN/m}$		$\sum q_{kd} = 2,625 \text{ kN/m}$
	$\sum (q_k + q_k) = 4,777 \text{ kN/m}$		$\sum (q_{kd} + q_{kd}) = 6,776 \text{ kN/m}$

važnice jako
spojitý nosník
 $\eta = 1/10 \cdot q \cdot l^2$
pro prostý nosník
 $\eta = 1/8 \cdot q \cdot l^2$

POSOUZENÍ 1. PŘEZNÍ' STAV - ÚNOSNOST

$$M_{sd} = 1110 \cdot (q_{kd} + q_{kd}) \cdot l^2 = 0,1 \cdot 6,776 \cdot 6,4^2 = 27,754 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = W_{y3} \cdot (f_y / \gamma_m) = 214 \cdot (235 / 1,15) = 43,730 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} < M_{Rd} \quad \text{vyhovuje}$$

POSOUZENÍ 2. PŘEZNÍ' STAV - PRŮHYB

$$f = \frac{5}{385} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{E \cdot I} < f_{lim} = \frac{l}{200}$$

$$f = \frac{5}{385} \cdot \frac{3,027 \cdot 6,4^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 21,4 \cdot 10^{-6}} = 0,0147 \text{ m} < f_{lim} = \frac{6,4}{200} = 0,032 \text{ m}$$

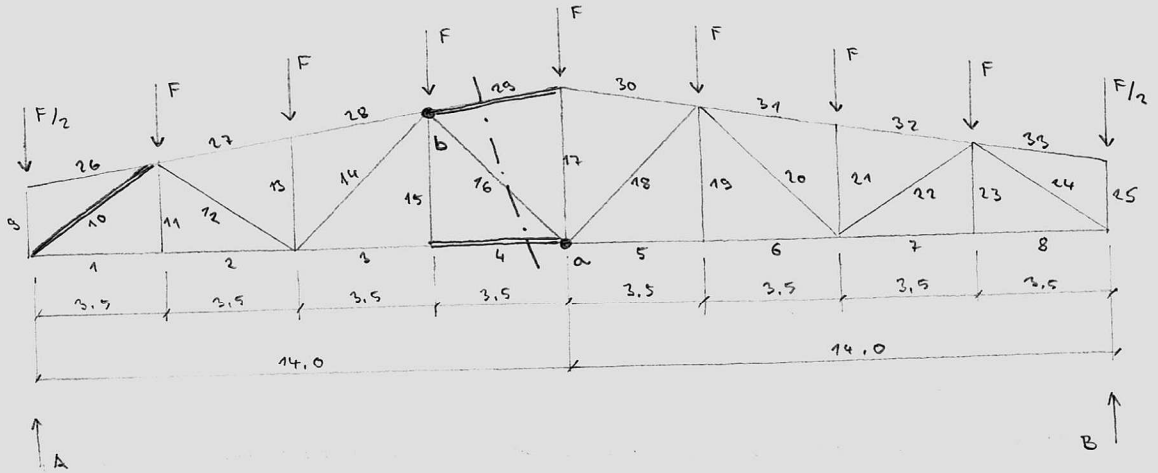
vyhovuje

EVA FRICOVA'

3) NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU

$z_5 = 3,5 \text{ m}$
 $z_D = 6,4 \text{ m}$
 $L = 28 \text{ m}$

zakřivovací délka vazníku $6,4 \text{ m}$
 rozpětí vazníku 28 m



vlastní tíha vazníku se pohybuje v rozmezí $1,5 - 2,0 \text{ kN/m}$
 odhadneme $o_2 = 1,7 \text{ kN/m}$

nabrodíme zatížení na vaznice silami (kolmo k zemi!)

$1,5 \text{ kN/m}$
 $0,75 \text{ kN/m}^2$ (str. 2)
 $0,56 \text{ kN/m}^2$ (str. 2)
 $m = 26,2 \text{ kg/m}$ (str. 5)
 z_5 - délka vaznice
 z_D - délka vazníku

SÍLA F	char. hodnota [kN]	γ	nabrh. hodnota [kN]
vl. tíha vazníku	$1,5 \cdot z_5 = 5,25$	1,35	7,086
od skladby střechy	$0,75 \cdot z_5 \cdot z_D = 17,696$	1,35	23,889
zatížení sněhem	$0,56 \cdot z_5 \cdot z_D = 13,216$	1,5	19,824
vl. tíha vaznice	$0,262 \cdot z_5 = 0,917$	1,35	1,238
	$F_k = 37,079 \text{ kN}$		$F_d = 52,037 \text{ kN}$

REAKCE PODPER

$A + B = 8F \Rightarrow A = 4 \cdot F = 4 \cdot 52,037 = 208,15 \text{ kN}$

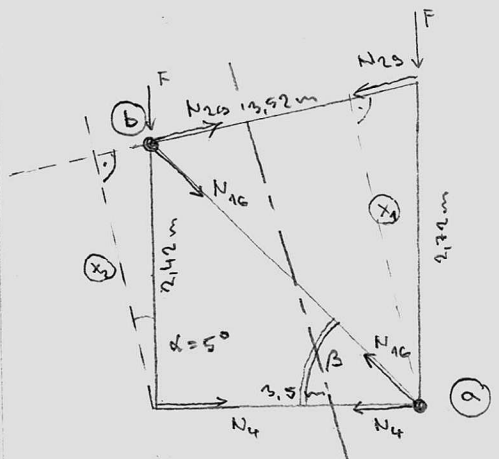
$\cos \alpha = \frac{x}{2,72}$

$x_1 = \cos(5) \cdot 2,72 = 2,71$

$x_1 = 2,71 \text{ m}$

$x_2 = \cos(5) \cdot 2,42 = 2,41$

$x_2 = 2,41 \text{ m}$



HORNÍ TLACENÍ PA'S

2

$N_{25} \cdot 2,71 - F \cdot 3,5 - F \cdot 7 - F \cdot 10,5 - F/2 \cdot 14 + B \cdot 14 = 0$

$N_{25} \cdot 2,71 = F \cdot 3,5 + F \cdot 7 + F \cdot 10,5 + F/2 \cdot 14 - B \cdot 14$

$N_{25} = \frac{52,037 \cdot (3,5 + 7 + 10,5) + 26,02 \cdot 14 - 208,15 \cdot 14}{2,71}$

$N_{25} = -537,63 \text{ kN (tlak)}$

DOLNÍ PÁŤ TAŽENÝ

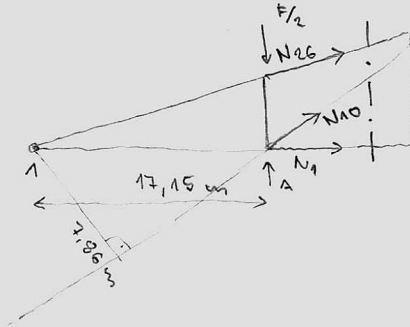
$$\sum \rightarrow N_4 \cdot 2,42 + F \cdot 3,5 + F \cdot 7 + F/2 \cdot 14 - A \cdot 14 = 0$$

$$N_4 \cdot 2,42 = F \cdot (-3,5 - 7) - F/2 \cdot 14 + A \cdot 14$$

$$N_4 = \frac{52,037 - (-3,5 - 7) - 26,02 \cdot 14 + 208 \cdot 14}{2,42}$$

$$N_4 = 826,58 \text{ kN}$$

DIAGONÁLA NAD PODPOROU



$$\sum \rightarrow A \cdot 17,15 - F/2 \cdot 17 + N_{10} \cdot 7,86 = 0$$

$$N_{10} = \frac{-208 \cdot 17,15 + 26,02 \cdot 17}{7,86} = -387,56 \text{ kN}$$

vzdálenosti a úhly
měřeny v modelu
v AutoCADu

NÁVRH HORNÍ PÁŤ - TLACENÝ

$$\text{odhad plochy } \sigma = N/A \Rightarrow A = |N_{26}| \cdot \gamma_n / f_{yk}$$

$$A = |N_{26}| \cdot \gamma_n / f_{yk} = 537,63 \cdot 1,15 / 235 \cdot 10^3 = 0,0026 = 2600 \text{ mm}^2$$

profil s plochou cca o 30% vyšší (velmi orientace)

$$A = 1,3 \cdot 2600 = 3380 \text{ mm}^2$$

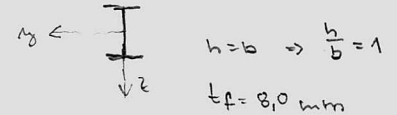
$$\text{navrhují HEB 160 } A_s = 5430 \text{ mm}^2$$

$$N_{26} = -537,63 \text{ kN}$$

$$i_z = 0,0405 \text{ m}$$

$$i_y = 0,0675 \text{ m}$$

$$N_{rd} = \frac{\chi \cdot A_s \cdot \beta_a \cdot f_{yk}}{\gamma_m} > |N_{26}|$$



$$L_{crz} = 3,5 \text{ m}$$

(zakřivená síťka)

vybočení kolmo k ose z (\Rightarrow křivka c)

$$\lambda_z = \frac{L_{crz}}{i_z} = \frac{3,5}{0,0405} = 86,42$$

$$\lambda_1 = 33,8 \cdot \sqrt{235 / f_{yk}} = 33,8 \cdot \sqrt{235 / 235} = 33,8$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{86,42}{33,8} = 0,92 \Rightarrow \text{tab } \textcircled{c} \Rightarrow \chi = 0,588$$

$$N_{rd} = \frac{0,588 \cdot 5,430 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^3}{1,15} = 652,45 \text{ kN}$$

$$|N_{rd}| > |N_{26}|$$

$$652,45 \text{ kN} > 537,63 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

vybočím kolmo k ose y

$$\lambda_4 = \frac{L_{cr}}{i_{y2}} = \frac{3,5}{0,0675} = 51,85$$

$$\bar{\lambda}_{y2} = \frac{\lambda_{y2}}{\lambda_1} = \frac{51,85}{93,5} = 0,55 \Rightarrow \text{krivka } \textcircled{2} \Rightarrow \chi = 0,861$$

$$N_{rd} = \frac{0,861 \cdot 5,430 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^3}{1,15} = 855,37 \text{ kN}$$

$$|N_{rd}| > |N_{2s}|$$

$$855,37 \text{ kN} > 537,63 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

⇒ Navrhují HEB 160

NAVRAH DOLNÍ PAŘS - TAŽENÝ

$$N_4 = 826,98 \text{ kN}$$

$$\text{odhad plochy } A = |N_4| \cdot (\gamma_H / f_{y2}) = 826 \cdot (1,15 / 235 \cdot 10^3) = 0,004042 \text{ m}^2$$

$$A = 1,3 \cdot 4042 = 5254 \text{ mm}^2$$

$$\text{navrhují HEB 180} \quad A_3 = 6330 \text{ mm}^2$$

$$N_{rd} = A_3 \cdot \frac{f_{y2}}{\gamma_H} = 6330 \cdot \frac{235}{1,15} = 1293 \text{ kN}$$

$$|N_{rd}| > |N_4|$$

$$1293 \text{ kN} > 826,98 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

⇒ Navrhují HEB 180

NAVRAH DIAGONÁLA - TLACĚNÁ

$$N_{10} = -397,56 \text{ kN}$$

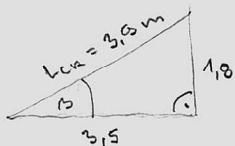
$$\text{odhad plochy } A = |N_{10}| \cdot (\gamma_H / f_{y2}) = 397,56 \cdot \frac{1,15}{235 \cdot 10^3} = 0,001945 \text{ m}^2$$

$$A = 1,3 \cdot 1945 = 2528 \text{ mm}^2$$

$$\text{navrhují HEB 160} \quad A_3 = 5430 \text{ mm}^2$$

$$i_z = 0,0405 \text{ m}$$

$$i_{y2} = 0,0675 \text{ m}$$



$$\lambda_z = \frac{L_{crz}}{i_{y2}} = \frac{3,9}{0,0675} = 57,77 \quad \text{vybočím kolmo k ose z}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{57,77}{93,5} = 0,61 \Rightarrow \text{krivka } \textcircled{c} \Rightarrow \chi = 0,779$$

$$N_{rd} = \frac{0,779 \cdot 4,300 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^3}{1,15} = 684,50 \text{ kN}$$

$$|N_{rd}| > |N_{10}|$$

$$684,50 \text{ kN} > 397,56 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

vybočení kolmo k ose y

$$\lambda_{13} = \frac{L_{13}}{i_{13}} = \frac{3,9}{0,0405} = 96,29$$

$$\lambda_{13} = \frac{\lambda_{13}}{\lambda_1} = \frac{96,29}{93,9} = 1,02 \quad \Rightarrow \text{krivka (b)} \Rightarrow X = 0,584$$

$$N_{rd} = \frac{0,584 \cdot 4,300 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^3}{1,15} = 513,16 \text{ kN}$$

$$|N_{rd}| > |N_{10}|$$

$$513,16 \text{ kN} > 337,56 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

⇒ Navrhují diagonálně HEB 160

4) NÁVRH A POSOUŽENÍ SLOUPŮ

ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNU

$$v_{ref} = 27,5 \text{ m/s} \quad \text{— oblast větru III.}$$

$$q_{ref} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_{ref}^2 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 = 472 \text{ Pa} = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

součinitel expozice $c_e = 1,7$ (viz str. 2)

součinitel vnějšího tlaku

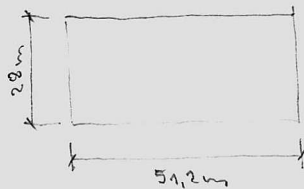
$$h/d = 3,32/51,2 = 0,18 < 0,25$$

$$c_{pe} = +0,7$$

charakteristická hodnota

$$w_k = q_{ref} \cdot c_{e(z)} \cdot c_{pe} =$$

$$= 0,47 \cdot 1,7 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$



$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

ρ — hustota vzduchu

$$h = 3,32 \text{ m (str. 2)}$$

$$d = 51,2 \text{ m}$$

$$h = 6,6 \text{ m (světla výška)}$$

$$W = w_k \cdot \bar{s} \cdot h/2$$

\bar{s} — vzdálenost mezi sloupy

$$W = 0,56 \cdot 6,4 \cdot 6,6/2 = 11,82 \text{ kN}$$

ZATÍŽENÍ NA SLOUP

⇒ STAŽÍ ZATÍŽENÍ

od stěchy (kolmo k zemi)

$$0,8 \cdot 89,6 = 71,68 \text{ kN (str. 2)}$$

5x vaznice ($\bar{z} = 6,4 \text{ m}$)

$$0,262 \cdot 5 \cdot 6,4 = 8,38 \text{ kN (str. 5)}$$

horní pásmice $\cdot 14,05 \text{ m}$

$$0,426 \cdot 14,05 = 5,98 \text{ kN}$$

dolní pásmice $\cdot 14 \text{ m}$

$$0,512 \cdot 14,0 = 7,17 \text{ kN}$$

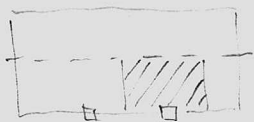
diagonálně $\cdot 16,13 \text{ m}$

$$0,426 \cdot 16,13 = 6,87 \text{ kN}$$

vlastní tíha sloupů HEB 300

$$1,17 \cdot 6,6 = 7,7 \text{ kN}$$

$$\sum q_k = 107,78 \text{ kN} \quad 1,35 \quad \sum q_d = 145,5 \text{ kN}$$



Zatěž. plocha sloupů

$$A = 14 \cdot 6,4 = 89,6 \text{ m}^2$$

$$m_{\text{HEB 160}} = 42,6 \text{ kg/m}$$

$$m_{\text{HEB 180}} = 51,2 \text{ kg/m}$$

(delky byly měřeny

v AutoCADu)

$$m_{\text{HEB 300}} = 117 \text{ kg/m}$$

EVA FIRICOVA'

$s_k = 0,56 \text{ kN/m}^2$
(str. 2)

⇒ PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

cm²h. zatěžovací plocha $0,56 \cdot 88,6 = 50,17$

$\sum q_k = 50,17 \text{ kN}$ (1,5) $\sum q_{ed} = 75,26 \text{ kN}$

⇒ CELKOVÉ ZATÍŽENÍ

$\sum (g_k + q_k) = 157,55 \text{ kN}$ $\sum (g_{ed} + q_{ed}) = 220,76 \text{ kN}$

návrhový sloup HEB 280

$A_s = 13100 \text{ mm}^2$

$W_{ly} = 1380 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$I_{ly} = 193 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

působení větru na stěnu $W = 11,82 \text{ kN}$ (str. 3)

$M_{max} = 11,82 \cdot 6,6 = 78,01 \text{ kNm}$

$M_{1/3} = 11,82 \cdot 6,6/3 = 26,0 \text{ kNm}$

$N_{max} = P + G$

$P = \sum (g_{ed} + q_{ed})$ bez vl. tlmy sloupů

$P = 220,76 - 77 = 143 \text{ kN}$

$G = 7,7 \text{ kN}$ (vlastní tíha sloupů, str. 3)

$N_{max} = 143,0 + 7,7 = 220,7 \text{ kN}$

$N_{1/3} = P + 2/3 \cdot G = 143 + 2/3 \cdot 7,7 = 148,13 \text{ kN}$

POSOUZENÍ VE VETKNUTÍ BEZ VLIVU VZPĚRU

1.HS $\sigma = \frac{N_{max}}{A_s} + \frac{M_{max}}{W_{ly}} < \sigma_{max}$

$\sigma = \frac{220,7}{13,1 \cdot 10^{-3}} + \frac{78,01}{1380 \cdot 10^{-6}} = 73,37 \text{ MPa}$

$\tilde{\sigma}_{max} = \frac{235}{1,15} = 205 \text{ MPa}$

$\sigma < \tilde{\sigma}_{max}$

$73,37 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$ vyhovuje

POSOUZENÍ V 1/3 VÝŠKY SLOUPU S VLIVEM VZPĚRU

1.HS $\sigma = \frac{N_{1/3} \cdot \chi}{A_s} + \frac{M_{1/3}}{W_{ly}} < \sigma_{max}$

$L_{er} = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 8,1 = 5,67 \text{ m}$

$\lambda_z = \frac{L_{er}}{i_z} = \frac{5,67}{0,0708} = 80,08$

$i_z = 0,0708 \text{ m}$

$i_y = 0,121 \text{ m}$

$$\bar{\lambda}_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{80,08}{93,9} = 0,85 \Rightarrow \text{krivka } \textcircled{C} \Rightarrow \chi_1 = 0,631$$

$$\lambda_{iy} = \frac{l_{cr}}{i_{y0}} = \frac{5,67}{0,121} = 46,85$$

$$\bar{\lambda}_{iy} = \frac{\lambda_{iy}}{\lambda_1} = \frac{46,85}{93,9} = 0,49 \Rightarrow \text{krivka } \textcircled{B} = \chi_2 = 0,889$$

použijeme menší z hodnot

$$\sigma = \frac{148,13 \cdot 0,631}{13,1 \cdot 10^{-2}} + \frac{26,0}{1310 \cdot 10^{-6}} = 26,382 \text{ MPa}$$

$$\sigma < \sigma_{max}$$

$$26,382 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$$

vyhovuje

POSOUZENÍ 2. PŘEZNÍ STAV - ~~PRŮVÝB~~ **VÝSOČEM**

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$W_{iy} = 1310 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\delta = \frac{W \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I_{iy}} < \delta_{lim} = \frac{l}{150}$$

$$\delta = \frac{1310 \cdot 8,1^3}{3 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1310} = 0,0057$$

$$\delta_{lim} = \frac{8,1}{150} = 0,054$$

$$\delta < \delta_{lim}$$

vyhovuje - navrhuji HEB 280

varianta pro
vodorovné zatížení
jako osamělá
věženo

5) NÁVRH A POSOUZENÍ PRUTU ŽTUŽIDLA - PODÉLNÉ STĚNOVÉ

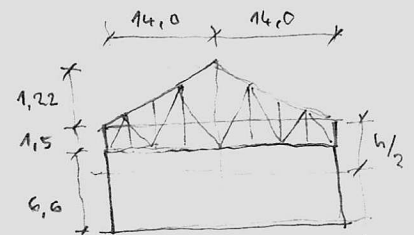
$$w_k = 0,56 \text{ kN/m}^2 \text{ (str. 97)}$$

$$A = 14,0 \cdot 4,05 + (1,22 \cdot 14) / 2 = 65,24 \text{ m}^2$$

$$W_1 = w_k \cdot A = 0,56 \cdot 65,24 = 36,53 \text{ kN}$$

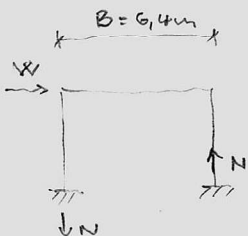
$$M_s = W_1 \cdot h = 36,53 \cdot 8,1 = 295,89 \text{ kNm}$$

$$N_s = M_s / B = 295,89 / 6,4 = 46,23 \text{ kN}$$



$$h/2 = (6,6 + 1,5) / 2 = 4,05 \text{ m}$$

$$h = 8,1 \text{ m}$$



N_{min} - zatížení na řádk. páteři (vlastní tíha + střecha)

$$N_{min} = 107,78 \text{ kN} \text{ (str. 9)}$$

posouzení $N_s < N_{min}$ vyhovuje

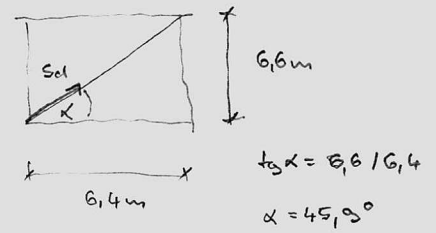
$$n = N_s / N_{min} = 46,23 / 107,78 = 0,42 \text{ žtužidla}$$

navrhuji 2 žtužidla (minimální počet)

jsou navržena 2 střešní díla, proto

$$W' = W_1 / 2 = 36,53 / 2 = 18,27 \text{ kN}$$

$$S_d = \frac{W'}{\cos \alpha} = \frac{18,27}{\cos(45,9)} = 26,25 \text{ kN}$$



1) POUŽÍTE TAŽENÉ

$$\text{navrhují I 100} \quad A = 1,06 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_{t,d}}{\gamma_m} = \frac{1,06 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,15} = 216,61 \text{ kN}$$

podmínka $S_d < N_{Rd}$

$$26,25 \text{ kN} < 216,61 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\lambda_z = \frac{0,10}{10,7 \cdot 10^{-3}} = 858,88$$

$$i_z = 10,7 \text{ mm}$$

nevyhovuje

$$l_{cr}^2 = 6,4^2 + 6,6^2$$

$$l_{cr} = \sqrt{6,4^2 + 6,6^2}$$

$$l_{cr} = 9,15 \text{ m}$$

$$\text{navrhují HEB 220} \quad A = 3,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$i_z = 55,9 \text{ mm}$$

$$N_{Rd} = \frac{3,1 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,15} = 1859,57 \text{ kN}$$

podmínka $S_d < N_{Rd}$

$$26,25 \text{ kN} < 1859,57 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_z} = \frac{9,15}{55,9 \cdot 10^{-3}} = 164,40$$

$$\lambda_z < 200 \quad \text{vyhovuje}$$

2) TLACENÉ I TAŽENÉ

$$\text{navrhují HEB 220}$$

posouzení na tah

$$\lambda_z = 164,40 < 200 \quad \text{vyhovuje (viz nahore)}$$

$$N_{Rd} = 1859,57 \text{ kN} > S_d = 26,25 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

posouzení na tlak

vybočení kolmo na osu z

$$l_{cr} = 9,15 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_z} = \frac{9,15}{55,9 \cdot 10^{-3}} = 164,40$$

$$\lambda_{\bar{z}} = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{164,40}{93,9} = 1,75$$

$$h/b = 220/220 = 1$$

$$t_f < 100 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{krivka } \textcircled{C} \Rightarrow \chi = 0,264$$

$$N_{Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot R_s \cdot f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{0,264 \cdot 9,1 \cdot 235}{1,15} = 490,92 \text{ kN}$$

posouzením $N_{Rd} > S_d$

$$490,92 \text{ kN} > 26,25 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

vypočtem' kolmo na osu y

$$L_{cr} = 9,15 / 2 = 4,575 \text{ m}$$

$$i_{y0} = 24,3 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y0} = \frac{L_{cr}}{i_{y0}} = \frac{4,575}{24,3 \cdot 10^{-3}} = 48,73$$

$$\bar{\lambda}_{y0} = \frac{\lambda_{y0}}{\lambda_1} = \frac{48,73}{93,9} = 0,52$$

$$\Rightarrow \text{křivka } \textcircled{b} = \chi = 0,875$$

$$N_{Rd} = \frac{0,875 \cdot 9,1 \cdot 235}{1,15} = 1627 \text{ kN}$$

posouzením $N_{Rd} > S_d$

$$1627 \text{ kN} > 26,25 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

\Rightarrow navrhuji 2 paralelní sítěnová tužidla HEB 220

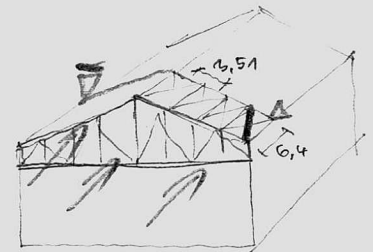
6) NAVRHN A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO ZAVĚTROVÁNÍ

největší z působících sil bude síla F_4

$$w_k = 0,56 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{str. 9})$$

$$A = 3,5 \cdot 9,1 / 2 + 0,5 \cdot 1,22 \cdot 3,5 = 16,31 \text{ m}^2$$

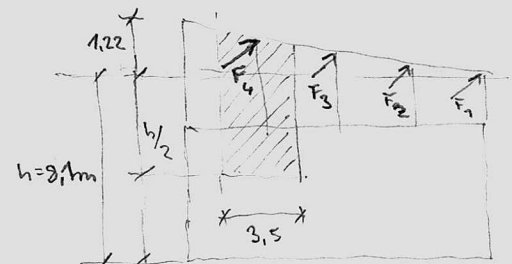
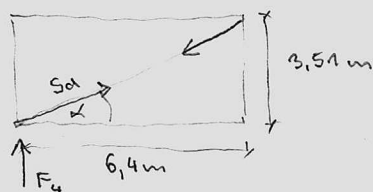
$$F_4 = w_k \cdot A = 0,56 \cdot 16,31 = 9,1 \text{ kN}$$



$$\tan \alpha = 3,51 / 6,4$$

$$\alpha = 28,74^\circ$$

$$S_d = \frac{F_4}{\cos \alpha} = \frac{9,1}{\cos(28,74)} = 10,37 \text{ kN}$$



$$A = 1,42 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$i_z = 38,5 \text{ mm}$$

navrhuji: IPE 400

$$L_{cr} = \sqrt{6,4^2 + 3,51^2} = 7,3 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{7,3}{38,5 \cdot 10^{-3}} = 184,81 < 200$$

vyhovuje

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot R_s}{\gamma_m} = \frac{1,42 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,15} = 290,17 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 10,37 \text{ kN}$$

(13)

$$N_{Sd} < N_{Rd}$$

vyhovuje

\Rightarrow navrhuji IPE 400

7) NÁVRH A POSOUZENÍ PATKY OCELOVÉHO SLOUPU

hloubka 1,5m

délka 2m

šířka 1,5m

odhadované rozměry: $1,5 \times 2 \times 1,5 \text{ m}$ beton prostý $2400 \text{ kg/m}^3 = 24 \text{ kN/m}^3$

moment od větru (převít moment v patce sloupu str. 10)

$$M = 78,01 \text{ kNm}$$

osová síla N (převít osovou sílu v patce sloupu str. 10)

$$N = 220,7 \text{ kN}$$

vlastní tíha patky $N_k = 1,5 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 24 = 108 \text{ kN}$

$$N_D = N_k \cdot 1,5 = 162 \text{ kN}$$

$$N_{\max} = N + N_D = 220,7 + 162 = 382,7 \text{ kN}$$

 N_{\min} - tlak od vl. tíhy a vztlak větruzatížení na sloup $s_k = 107,78 \text{ kN}$ (str. 2)vlastní tíha patky $s_k = 108 \text{ kN}$ vztlak větru $s_k = -128 \text{ kN/m}^2 \cdot 89,6 \text{ m}^2 = -114,68 \text{ kN}$ (str. 3)

$$N_{\min} = 107,78 + 108 - 114,68 = 101 \text{ kN}$$

⇒ 1. STAV - KOMBINACE MAX. TLAKU A MAX. MOMENTU

$$M_{\max} = 78,01 \text{ kNm}$$

(viz nahore)

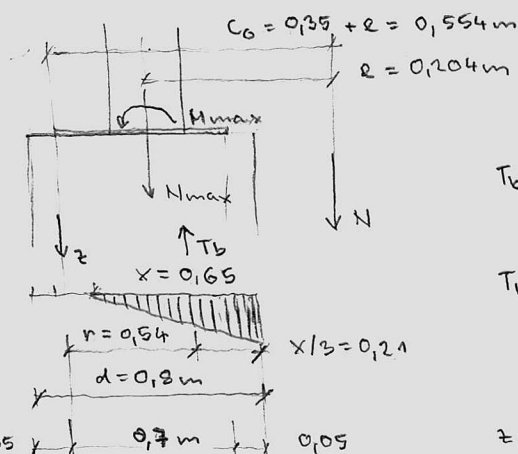
$$e = \frac{M_{\max}}{N_{\max}} = \frac{78,01}{382,7} = 0,204 \text{ m}$$

stanovíme rozměry patního plechu $0,6 \times 0,8 \text{ m}$

$$\frac{e}{d} = \frac{0,204}{0,8} = 0,255$$

$$\text{z grafu} \Rightarrow \xi = 0,85$$

$$x = \xi \cdot d = 0,85 \cdot 0,8 = 0,68$$



$$T_{b \max} = \frac{N_{\max} \cdot c_0}{r}$$

$$T_{b \max} = \frac{382,7 \cdot 0,554}{0,54} = 392,62 \text{ kN}$$

$$z = T_b - N_{\max}$$

$$z = 392,62 - 382,7 = 9,92 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot T_b}{x \cdot b_p} = \frac{2 \cdot 392,62}{0,65 \cdot 0,6} = 2013,43 \text{ kN} < R_{bi}$$

 $R_{bi} = 6000 \text{ kPa}$ pro beton třídy I.zvolíme $a = 0,05$

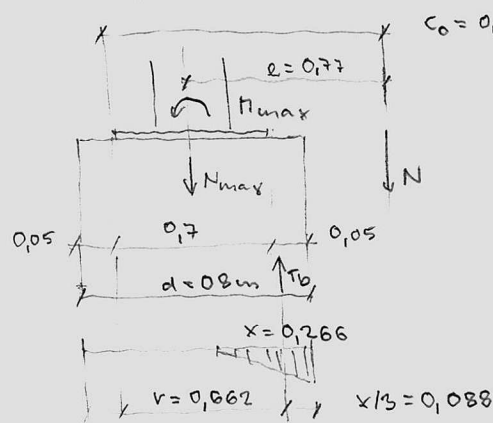
⇒ 2. STAV - KOMBINACE MIN. TLAKU & MAX. MOMENTU

$$e = \frac{M_{\max}}{N_{\min}} = \frac{78,01}{101} = 0,77 \text{ m}$$

rozměry patního plechu $0,6 \times 0,8 \text{ m}$ ($d = 0,8 \text{ m}$)

$$\frac{e}{d} = \frac{0,77}{0,8} = 0,96 \quad z \text{ grafu} \Rightarrow \xi = 0,333$$

$$x = \xi \cdot d = 0,333 \cdot 0,8 = 0,266 \text{ m}$$



$$T_{b \max} = \frac{N_{\min} \cdot c_0}{r}$$

$$T_{b \max} = \frac{101 \cdot 1,12}{0,662} = 170,87 \text{ kN}$$

$$z = T_{b \max} - N_{\min}$$

$$z = 170,87 - 101 = 69,87 \text{ kN}$$

síla uhošnosti proti vytržení šroubu

$$F_v = A_k \cdot R_{b2} = 2,1 \cdot h^2 \cdot R_{b2}$$

 $R_{b2} = 0,5 \text{ MPa}$ pro beton tv. I. h - hloubka kotvení šroubumusí platit $z < F_v$ jinak dojde k vytržení

$$h_{\min}^2 = (2,1 \cdot 0,5) / 69,87 = 0,045$$

$$h_{\min} = 0,212 \text{ m} \Rightarrow \text{navrhují } h = 0,3 \text{ m}$$

$$F_v = 2,1 \cdot 0,3^2 \cdot 0,5 = 94,5 \text{ kN}$$

7) BETONOVÁ PATKA - EXCENTRICKÉ ZALOŽENÍ

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{l \cdot (b - 2e)} < q_v$$

$$e = \frac{M_{\max}}{N_{\max}} = 0,204 \text{ m}$$

$$B/3 = 0,8/3 = 0,266$$

$$0,204 \text{ m} < 0,266 \text{ m}$$

vyhovuje

$$\sigma_{\max} = \frac{382,7}{2 \cdot (1,5 - 2 \cdot 0,204)} = 175 \text{ kPa} > 0$$

$$\sigma_{\min} = \frac{N_{\min}}{l \cdot (b - 2e)} = \frac{101}{2 \cdot (1,5 - 2 \cdot 0,204)} = 46,24 > 0$$

vyhovuje

podloží:

zvětralá štěpka

$$e < B/3$$

$$l = 2 \text{ m (str. 14)}$$

$$b = 1,5 \text{ m}$$